

【書類名】 特許願

【整理番号】 K02017021A

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01F 10/16

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 工藤 一恵

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 及川 玄

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 岡井 哲也

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所 ストレージ事業部内

【氏名】 大嶽 一郎

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市弁天町三丁目10番2号 日立協和エンジニアリング株式会社内

【氏名】 椎名 宏実

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21, 000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気ヘッド及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

Co、Ni及びFeのうち2種類以上の元素を含有する磁極層を有する薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記磁性層はめっき膜からなり、かつ、磁気ギャップ近傍の磁性層は、 $20 \leq Co \leq 40\text{wt\%}$ 、 $0 < Ni \leq 2\text{wt\%}$ 、 $60 \leq Fe \leq 80\text{wt\%}$ の組成からなるCo、Ni、Feを含有するめっき膜からなる磁性膜で構成され、その飽和磁束密度は23000ガウス以上であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】

Co、Ni及びFeのうち2種類以上の元素を含有する磁極層を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

前記磁性層を、めっき浴のpH2以下の範囲で電気めっきを行うことにより形成し、

磁気ギャップ近傍の磁性層を、 $20 \leq Co \leq 40\text{wt\%}$ 、 $0 < Ni \leq 2\text{wt\%}$ 、 $60 \leq Fe \leq 80\text{wt\%}$ の組成からなるCo、Ni、Feを含有する飽和磁束密度23000ガウス以上のめっき膜からなる磁性膜で構成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3】

前記磁性層は、めっき浴中に応力緩和剤としてサッカリンナトリウムを含むめっき浴から形成することを特徴とする請求項2記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項4】

前記めっき浴中に含まれるサッカリンナトリウムの量は、0.5~2g/lであることを特徴とする請求項2又は3に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項5】

磁気抵抗効果素子を再生素子に用い、記録用素子に誘導型磁気ヘッドを用いた、記録再生分離型薄膜磁気ヘッドにおいて、

記録ヘッドの下部および上部磁気コアの一部または全部にCo、Ni及びFeのうち2種類以上の元素を含有する磁性膜からなる磁極層を有し、前記磁性膜はめっき膜からなり、かつ、磁気ギャップ近傍の磁性層は、 $20 \leq Co \leq 40\text{wt\%}$ 、 $0 < Ni \leq 2\text{wt\%}$ 、 $60 \leq Fe \leq 80\text{wt\%}$ の組成からなるCoNiFeを含有するめっき膜からなる磁性膜で構成され、その飽和磁束密度は23000ガウス以上であり、かつ、前記めっき膜は、めっき浴のpH2以下の範囲で電気めっきを行うことにより作製された軟磁性薄膜をもちいたことを特徴とする記録再生分離型薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ディスク装置等の記録・再生に用いられる磁気ヘッド及びその製造方法、ならびにそれを搭載した磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

磁気ディスク装置の高記録密度化に伴い、記録媒体の高保磁力化が進行している。これに伴い、記録ヘッドの磁気コア材料として、飽和磁束密度(Bs)が高く、高保磁力媒体に十分書きこめるだけの磁界をだせる材料が、要求されている。

【0003】

高飽和磁束密度(Bs)を有する材料としては、特許文献1、特許文献2、特許文献3、特許文献4に記載のように、現在磁気コア材として採用されているNi₄₅

Fe_{55} ($\text{Bs}:1.6\text{T}$) と比較して、より高い Bs を有する CoNiFe ($\text{Bs}>1.7\text{T}$) がある。また、特許文献5には、めっき液組成としてサッカリンナトリウムを添加しない浴を用いることにより、 Bs の高いめっき膜を作製する方法が開示されている。さらに、特許文献6には Co, Fe 2元系合金を用い、高 Bs 化を達成している。

【特許文献1】

特開平6-89422号公報

【特許文献2】

特開平8-241503号公報

【特許文献3】

特開平6-346202号公報

【特許文献4】

特開平7-3489号公報

【特許文献5】

特許公報第2821456号

【特許文献6】

特開2002-280217号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

高記録密度の磁気ディスク装置を実現するためには、より強い磁界を発生させることが可能な磁気コアを備える磁気ヘッドを実現する必要がある。そこで、飽和磁束密度(Bs)が高く、高保磁力媒体に十分書きこめるだけの磁界を出せる材料を用いて、磁気コアを安定にかつ膜厚を厚く形成することが検討されている。

【0005】

しかしながら、従来報告されている CoNiFe 系の材料を電気めっきで作製しようとしても、白濁、凹凸など、光沢膜を安定にかつ、厚く形成することができなかった。また、 Co, Fe 2元系合金では、耐食性が不十分であった。

【0006】

本発明は、このような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、従来と比較して、耐食性が高く、より強い磁界を発生することができる磁気コアを備える磁

気ヘッド及びこれを備える磁気ディスク装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上述の問題を解決するために、本発明に係る磁気ヘッドは、下部磁気コアと、上部磁気コアとを備え、下部磁気コアおよび上部磁気コアのうち少なくとも一方は、Co、Ni及びFeのうち2種類以上の元素を含有する磁性膜からなり、かつ、磁気ギャップ近傍の磁性層は、 $20 \leq Co \leq 40\text{wt\%}$ 、 $0 < Ni \leq 2\text{wt\%}$ 、 $60 \leq Fe \leq 80\text{wt\%}$ の組成からなるCo、Ni、Feを含有するめっき膜からなる磁性膜で構成され、その飽和磁束密度は23000ガウス以上であることを特徴とする。さらに、前記めっき膜は、めっき浴のpH2以下の範囲で電気めっきを行うことにより前記磁性膜を形成することを特徴とする。

【0008】

以上のように構成される磁気ヘッドは、下部磁気コア、上部磁気コアのうち少なくとも一方において、飽和磁束密度は23000ガウス以上の磁性膜を用いるので、記録トラック幅が狭くなっても、必要となる記録磁界も容易に達成できる。また、Co、Fe合金系にNiを入れることにより、耐食性の向上が期待できる。

【0009】

また、めっき膜を成膜するに際し、応力緩和剤としてサッカリソナトリウムを含んだめっき浴を用いることを特徴とする。

【0010】

以上のように構成される磁気ヘッドの製造方法によれば、サッカリソナトリウムを含んだめっき浴を用いてめっき膜を成膜することにより、 $3\mu\text{m}$ 以上の厚膜化も可能である。

【0011】

また、本発明に係る磁気ディスク装置は、再生ヘッドと、下部磁気コア及び上部磁気コアを有する記録ヘッドとを備え、下部磁気コア及び上部磁気コアのうち少なくとも一方は、Co、Ni及びFeを含有する材料を含み、該Co、Ni及びFeの組成は、 $20 \leq Co \leq 40\text{wt\%}$ 、 $0 < Ni \leq 2\text{wt\%}$ 、 $60 \leq Fe \leq 80\text{wt\%}$ の範囲であることを特徴とする磁気ヘッドと、保磁力が40000e以上である磁気記録媒体とを備

えることを特徴とする。

【0012】

以上のように構成される磁気ディスク装置では、上述した磁気ヘッドを備えているので、例えば4000Oeといった高保持力の磁気記録媒体に対しても、記録可能である。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を適用した磁気ヘッド及びその製造方法について詳細に説明する。

【0014】

本発明を適用した磁気ヘッドは、いわゆる記録再生分離型の薄膜磁気ヘッドである。この磁気ヘッドにおける記録ヘッド（誘起型磁気ヘッド）の磁気コアのプロセスフローを、図1に示す。

【0015】

図1の(d)に示すように、下部磁気コアは、図示しない磁気シールド上に46NiFe膜2、CoNiFe下地膜3、CoNiFeめっき膜4が順次に形成されたものである。また、上部磁気コアは、磁気ギャップ膜5を介して下部磁気コアと対向して設けられており、磁気ギャップ5膜上に、めっき下地膜3、CoNiFeめっき膜4、46NiFe膜7が順次に形成されたものである。

【0016】

つまり、下部磁気コア及び上部磁気コアは、めっき下地膜3と、めっき下地膜3上に形成されたCoNiFeめっき膜4とを有する。また、めっき膜4は、組成が、 $20 \leq \text{Co} \leq 40\text{wt\%}$ 、 $0 < \text{Ni} \leq 2\text{wt\%}$ 、 $60 \leq \text{Fe} \leq 80\text{wt\%}$ の範囲であるCoNiFeを含有することが良い。上記組成範囲にすることにより、高記録密度に対応できる磁界を得ることができる。また、下地膜3にもCoNiFe膜あるいはCoFe膜を用いることにより、めっき膜4の結晶性が良好になり、配向性の制御も容易になる。

【0017】

以上のように構成される磁気コアを備える磁気ヘッドは、以下のようにして作製される。

【0018】

(a) まず、図示しない磁気シールド上に46NiFe膜2を作製後、到達真空度 5×10^{-5} Pa以上で、Arガスをスパッタ室内に導入し、CoNiFe合金ターゲットを用いてDCまたはRFスパッタ法によりCoNiFe下地膜3を形成する。このとき、密着層として非磁性金属を5nm程度形成してもよい。次に、下記表1に示すめっき条件で、Co, Ni, Feをイオンとして含み、さらに応力緩和剤としてサッカリンナトリウムを1.5g / l 含んだめっき液を用いてCoNiFeめっき膜4を、46NiFe膜2上に、電気めっき法で成膜する。このときの、めっき液のpH<2.0であり、好ましくは、 $1.7 \leq pH \leq 1.9$ の範囲で行うのがよい。このようにして作製しためっき膜の組成はCo33Ni1Fe66(wt%)である。

【0019】

(b) 次に、CoNiFeめっき膜4上に磁気ギャップ膜5を形成する。磁気ギャップ膜としては、Al₂O₃, SiO₂などの絶縁膜を単層または積層して用いる。次に、磁気ギャップ膜5上に、CoNiFe下地膜3を前述と同様にスパッタ法により形成する。

【0020】

(c) 次に、上部磁気コアを形成するためのレジストフレーム6を作製し、これを所望の形状にパターニング後、CoNiFeめっき膜4、46NiFe膜7を順次めっき法にて成膜する。なお、ここでは上部磁気コア及び下部磁気コアの一部に46NiFe膜を用いたが、80NiFe膜を用いる、あるいは、すべて本発明によるCoNiFe膜を用いてもかまわない。また、下地膜の厚さを100nmとしたが、膜厚は15nm~200nmで、本発明の目的を達成できる。

(d) レジスト、下地膜を除去し、さらに上部、下部磁気コアを所定のトラック幅に加工するため、トリミング工程を行う。

【0021】

【表1】

表1

めっき浴温度	30℃
pH	1.9
電流密度	9mA/cm ²
Co ⁺⁺	3.3 g/l
Fe ⁺⁺	6.3 g/l
Ni ⁺⁺	1.7 g/l
サッカリソナトリウム	1.5 g/l

【0022】

なお、図2に示した組成範囲において、40wt%<Co、Fe<60wt%および、Co<20wt%、80wt%<Feでは、図3に示すように保磁力が大きくなり、軟磁性膜としての特性が劣化する。また、2wt%<Niでは、Bs<2.3Tとなってしまう。また、Ni=0wt%では、例えば、腐食電位を測定すると、Niが1wt%含まれた膜と比較して、自然浸漬電位が卑となる、すなわち、耐食性に劣ってしまうため、0wt%<Niが必要である。

【0023】

ここで、図2に示す組成範囲すなわち $20 \leq \text{Co} \leq 40\text{wt\%}$ 、 $0 < \text{Ni} \leq 2\text{wt\%}$ 、 $60 \leq \text{Fe} \leq 80\text{wt\%}$ のCoNiFe膜を作製するには、表2に示した範囲の条件でめっきをすることにより、本発明の目的を達成できる。また、このとき印加する電流は直流、パルスのどちらでもよい。

【0024】

【表2】

表2

めっき浴温度	25~35℃
pH	1.7~2.0
電流密度	3~100 mA/cm ²
Co ⁺⁺	2~10 g/l
Fe ⁺⁺	5~20 g/l
Ni ⁺⁺	0~3 g/l
サッカリンナトリウム	0.5~2.0 g/l

【0025】

上述のように、本発明では、CoNiFeあるいはCoFeめっき膜を成膜するに際し、めっき浴中に応力緩和剤としてサッカリンナトリウムを含んだめっき浴から作製することを特徴とする。このようなめっき条件でめっきを行うことにより、3μm以上の厚膜化も可能である。また、図4に示すように、サッカリンナトリウムを0.5g/l程度めっき液に添加すると、膜の応力を約200Mpa程度まで低減できる。しかし、2.5g/l以上添加しても応力はほとんど変化しない。また、めっき液中のサッカリンナトリウムが過剰になると、膜中のS量が増加し耐食性が劣化してしまうため、サッカリンナトリウムの添加量は0.5~2.0g/lが最適である。

【0026】

次に、図5に、上部磁気コア及び下部磁気コアの一部において、上記下地膜3およびめっき膜4を有する記録ヘッドを使用した記録再生分離型の薄膜磁気ヘッドの断面図を示す。

【0027】

この磁気ヘッドを作製するには、まず、非磁性基板8上に下部磁気シールド膜9、下部磁気ギャップ膜(図示せず)を形成しこの上に再生用素子10としてMRまたは

GMRセンサを形成する。次に、磁区制御層11、電極膜12を形成後、上部磁気ギャップ膜、上部磁気シールド膜(図示せず)を形成する。

【0028】

次に、再生素子と記録素子の磁気ギャップ膜を形成し、その上に下部磁気コアを形成する。下部磁気コアとして46NiFe膜2をめっき法で形成し、さらにCoNiFe下地膜3をスパッタリングで100nm形成後、pH<2.0のめっき浴で、CoNiFeめっき膜4を所定の厚さまでめっきする。ここで、面内の平坦性をあげるために、絶縁膜をめっき膜厚さより厚く製膜し、ケミカルメカニカルポリシング(CMP)工程を行ってもよい。次に、磁気ギャップ膜5を形成する。CoNiFe下地膜3をスパッタリングで100nm形成後、上部磁気コアを形成するためのレジストフレームを作製し、CoNiFeめっき膜4、46NiFe膜7を順次めっき法にて成膜する。レジスト、下地膜を除去し、さらに上部、下部磁気コアを所定のトラック幅に加工するため、ト リミング工程を行う。さらに記録電流を印加するためのコイル13、及び有機絶縁層14を形成し、46NiFe膜をフレームめっきする。

【0029】

以上のようにして作製された薄膜磁気ヘッドは、良好な記録特性を示し、例えば保磁力40000e以上の高保磁力媒体にも十分記録可能であることを、本発明者等は確認した。

【0030】

次に、上記薄膜磁気ヘッドを搭載した磁気ディスク装置の構成を、図6に示す。

【0031】

この磁気ディスク装置は、情報を記録する磁気ディスク15と、磁気ディスクを回転させるモーター16と、磁気ディスクに情報を書き込みまたは磁気ディスクから情報を読み出す磁気ヘッド17と、磁気ディスクの目標位置に決めるアクチュエータ18、及びボイスコイルモータ19とを備える。また、磁気ヘッドが取り付けられ、磁気ディスクとのサブミクロンスペースを安定に維持するためのばね20とばねが固定され、前記アクチュエータおよびボイスコイルモータにより駆動されるガイドアーム21を備えている。さらに、図示していないが、磁気ディスク回転制

御系、ヘッド位置決め制御系、記録/再生信号処理系とからなる。

【0032】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明に係る磁気ヘッドは、記録用ヘッドの上部磁気コア、下部磁気コアのうち少なくとも一方は、めっき浴のpH2以下の範囲で電気めっきを行うことにより形成されたCo、Ni及びFeのうち2種類以上の元素を含有する磁性膜からなり、かつ、磁気ギャップ近傍の磁性層は、 $20 \leq Co \leq 40\text{wt\%}$ 、 $0 < Ni \leq 2\text{wt\%}$ 、 $60 \leq Fe \leq 80\text{wt\%}$ の組成からなるCo、Ni、Feを含有するめっき膜からなる磁性膜で構成され、その飽和磁束密度は23000ガウス以上であることを特徴とする軟磁性薄膜を用いるので、より強い磁界を発生させることができることを特徴とする磁気コアを安定に形成でき、高記録密度化に対応したものとなる。

【0033】

また、本発明にかかる磁気ヘッドの製造方法によれば、磁気コアを安定にかつ膜厚を厚く形成できるので、高記録密度に対応した磁気ヘッドを提供できる。

【0034】

また、本発明に係る磁気ディスク装置では、上記磁気ヘッドを備えているので、保磁力4000Oe以上の磁気記録媒体を用いることが可能となり、高記録密度を達成したものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

薄膜磁気ヘッドの記録ヘッドの磁気コアのプロセスフローを示す図である。

【図2】

本発明により得られるCoNiFe膜の組成範囲を示す3元系図である。

【図3】

本発明により得られるCoNiFe膜の保磁力を示す図である。

【図4】

サッカリンナトリウムの添加量とCoNiFe膜の膜応力の関係を示す図である。

【図5】

本発明を適用した薄膜磁気ヘッドの模式図である。

【図6】

本発明を適用した磁気ディスク装置の模式図である。

【符号の説明】

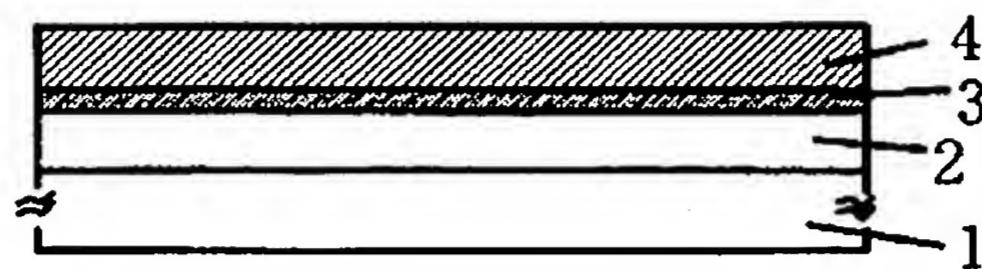
- 1 基板、 2 46NiFe膜、 3 めっき下地膜、 4 CoNiFeめっき膜、 5 磁気ギヤップ膜、 6 レジストフレーム、 7 46NiFe膜、 8 非磁性基板、 9 下部磁気シールド、 10 巨大磁気抵抗効果膜、 11 磁区制御膜、 12 電極膜、 13 導体コイル、 14 有機絶縁層、 15 磁気ディスク、 16 モータ、 17 磁気ヘッド、 18 アクチュエータ、 19 ボイスコイルモータ、 20 ばね、 21 ガイドアーム

【書類名】 図面

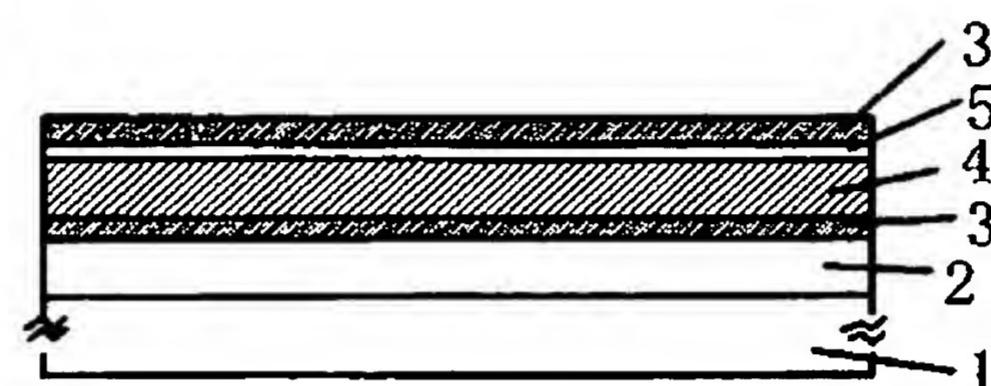
【図1】

図1

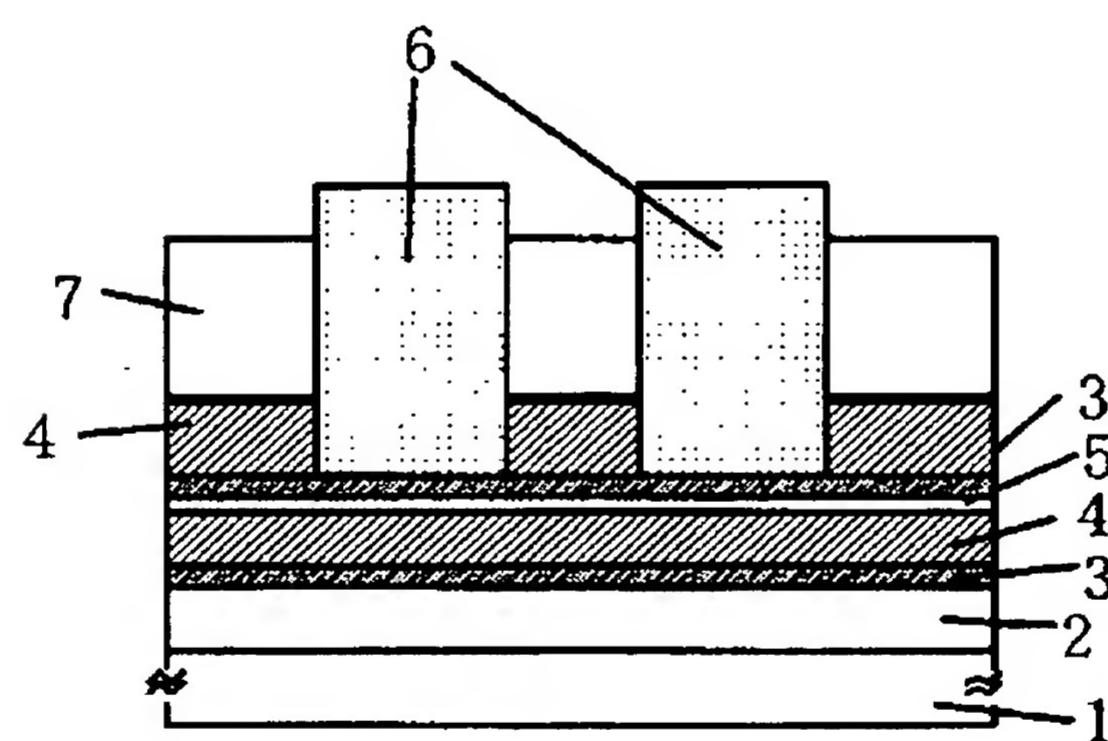
(a)



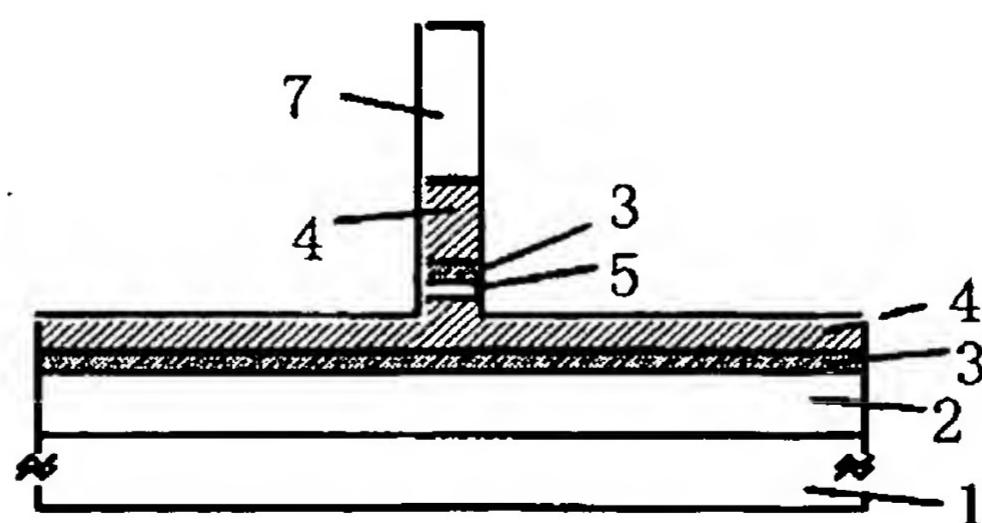
(b)



(c)

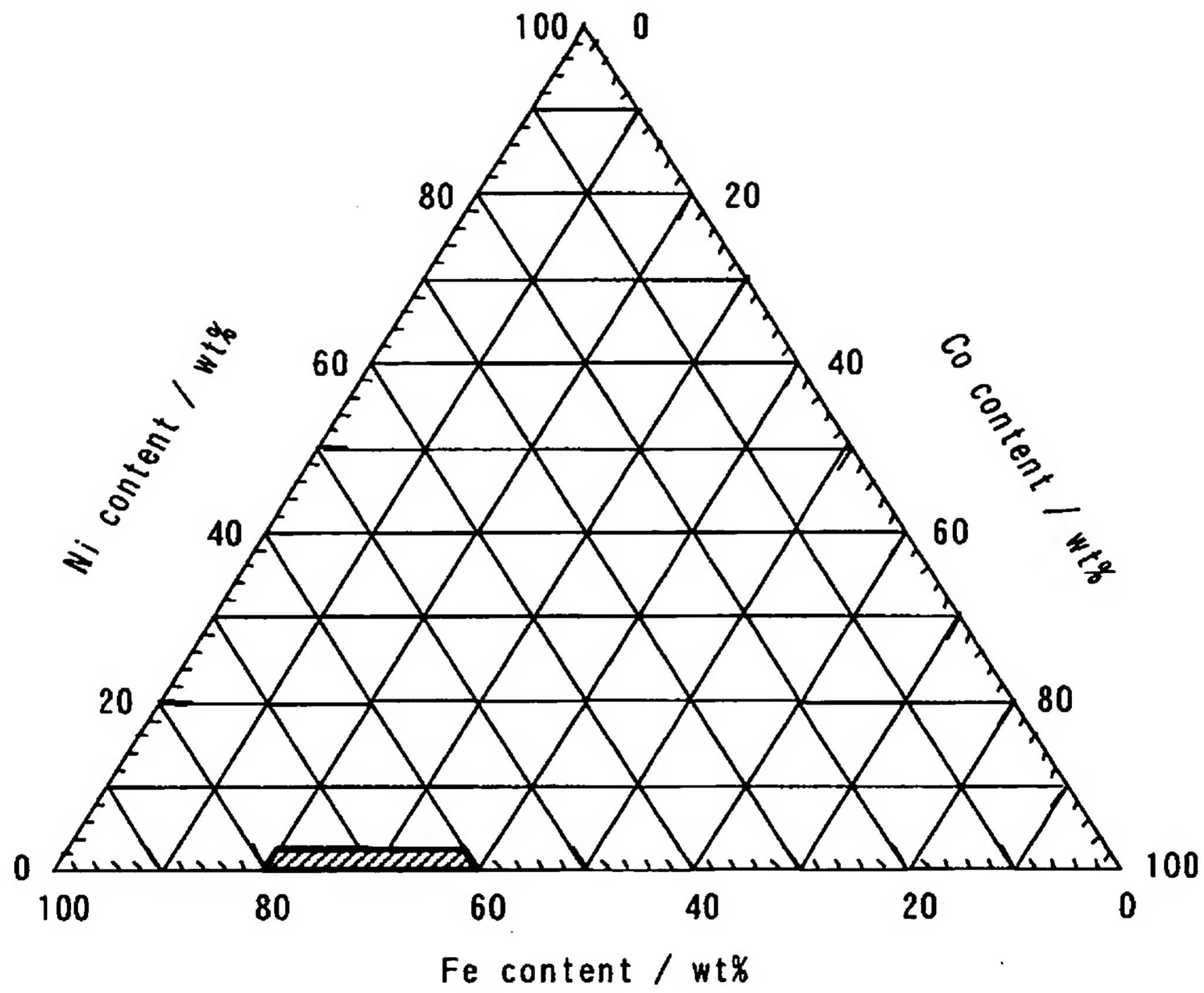


(d)



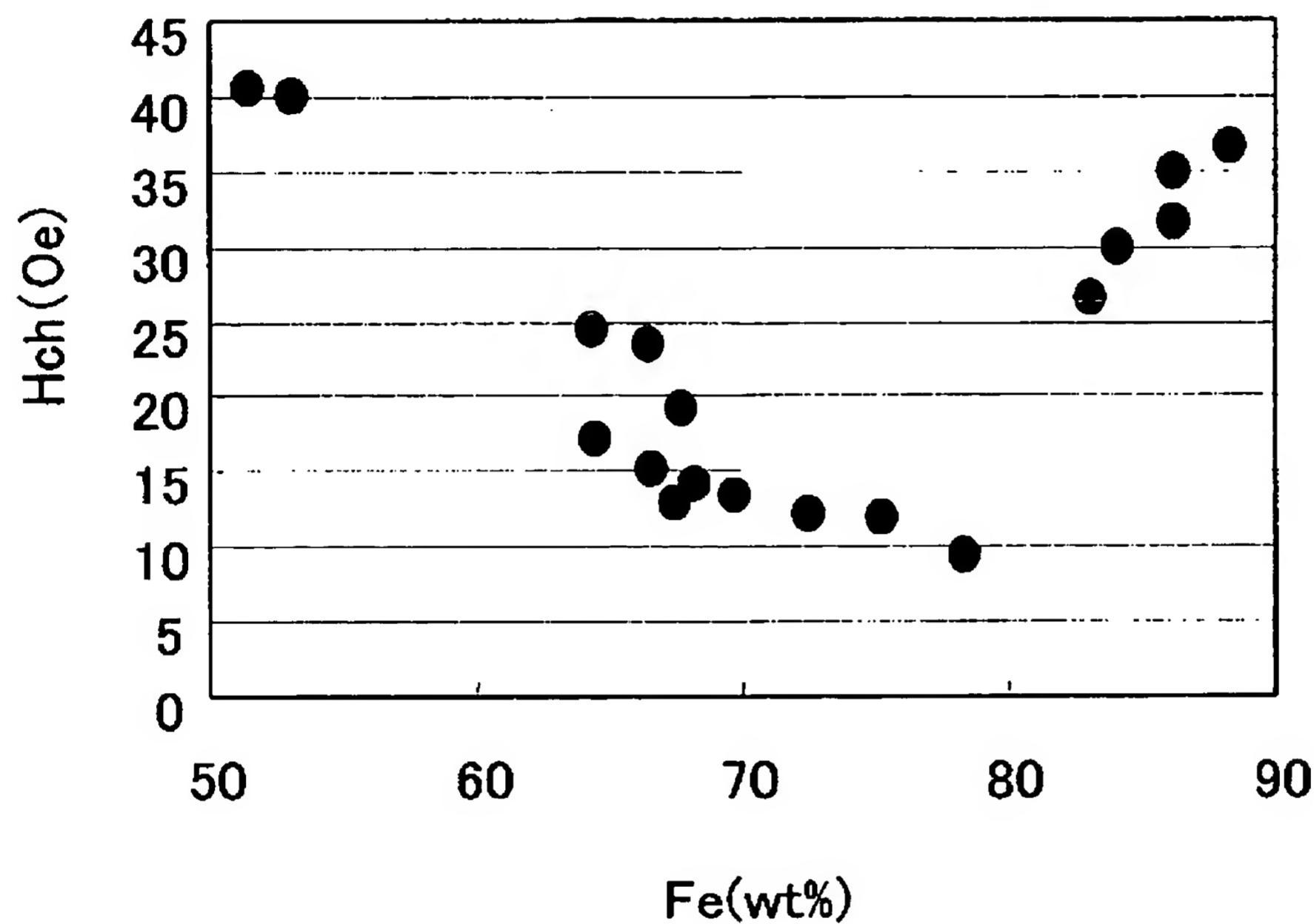
【図2】

図2



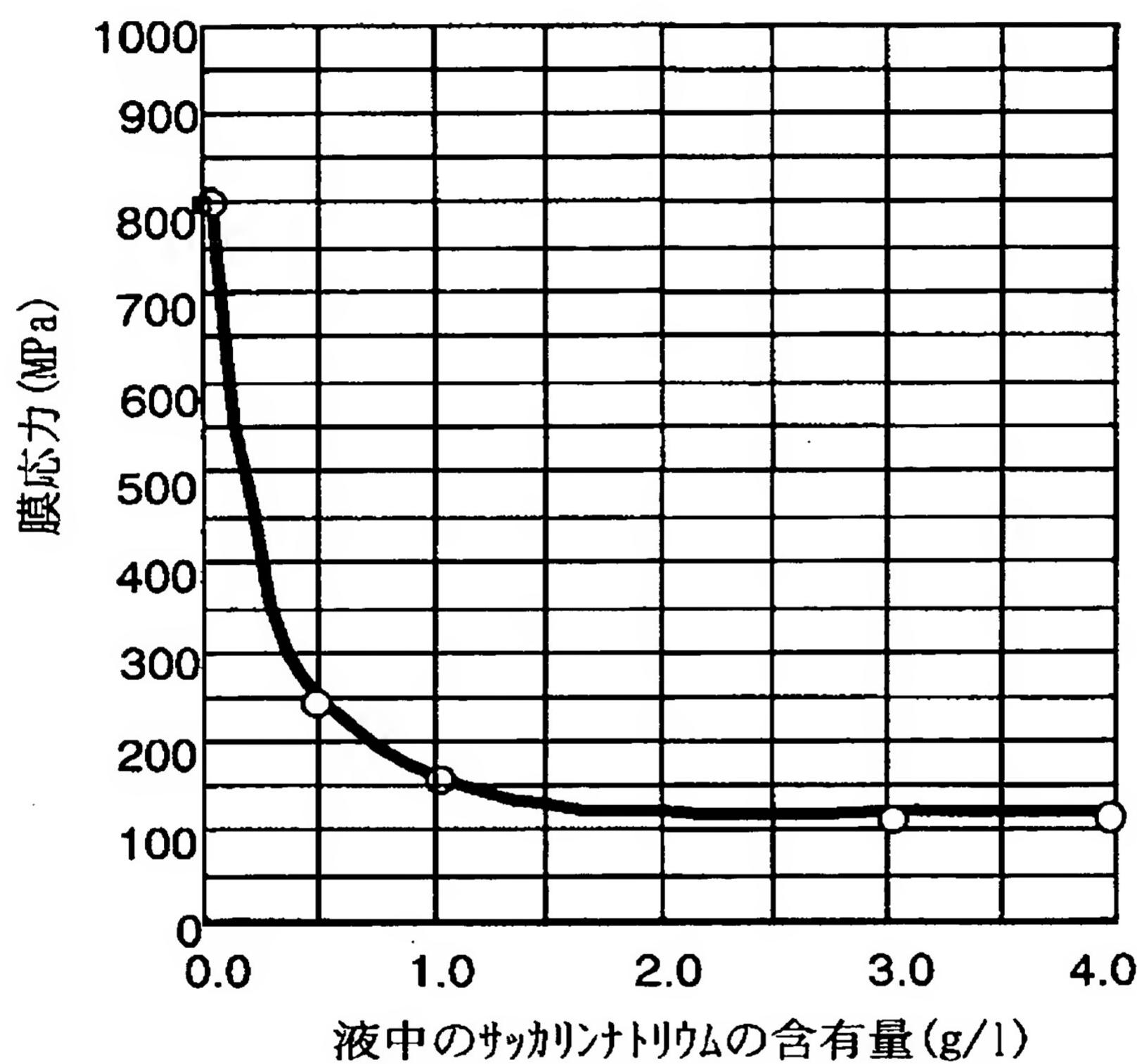
【図3】

図3



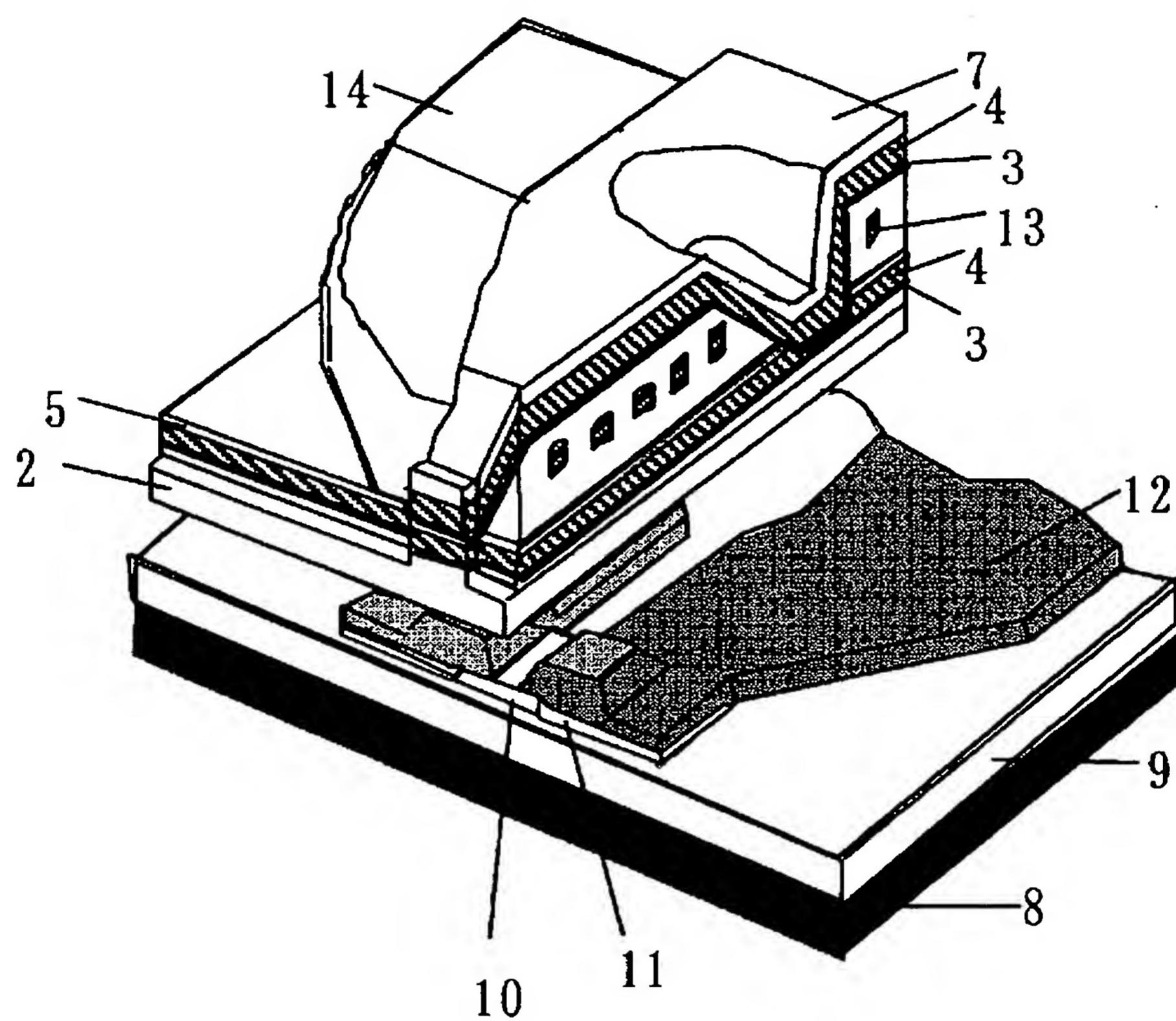
【図4】

図4



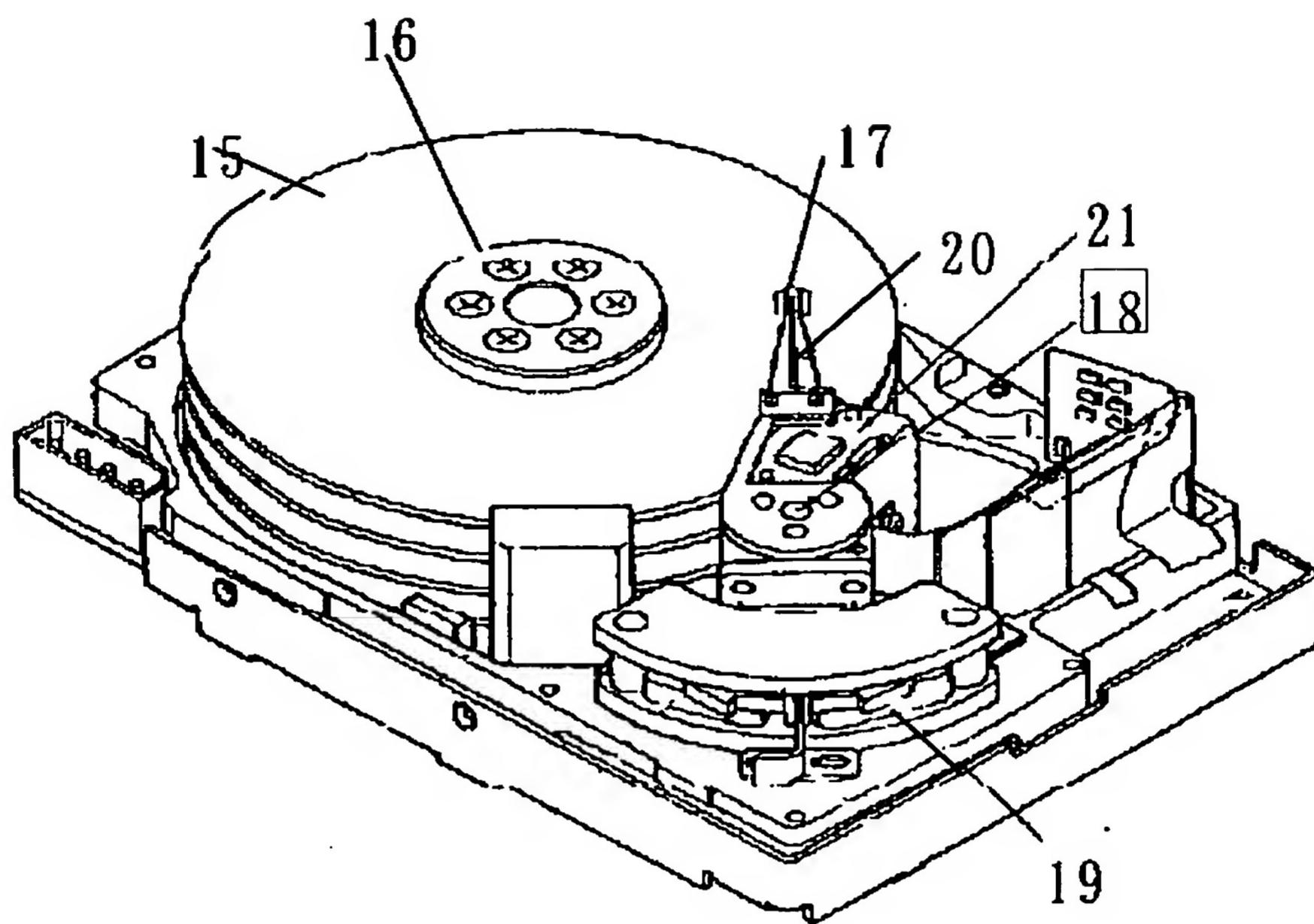
【図5】

図5



【図6】

図6



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

高飽和磁束密度を有し、かつ、高記録密度に対応する十分な磁界が発生できる磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】

下部磁気コア、上部磁気コアのうち少なくとも一方は、めっき浴の pH 2以下の範囲で電気めっき法により作製したCo、Ni及びFeのうち2種類以上の元素を含有する磁性膜からなる飽和磁束密度23000ガウス以上の磁極層を有する。

【選択図】 図1

[Name of Document] Specification

[Title of the Invention] Magnetic Head and Process for Production Thereof

[What is Claimed is]

[Claim 1]

A thin-film magnetic head comprising:
magnetic layers each containing two or more elements of Co, Ni, and Fe;
wherein said magnetic layers are plated films, and a magnetic layer, of said magnetic layers, which is disposed near a magnetic gap is a plated magnetic film containing Co, Ni, and Fe, with $20 \leq \text{Co} \leq 40$ wt%, $0 < \text{Ni} \leq 2$ wt%, and $60 \leq \text{Fe} \leq 80$ wt%, and having a saturation magnetic flux density of 23,000 gauss or more.

[Claim 2]

A process for production of a thin-film magnetic head with magnetic layers each containing two or more elements of Co, Ni, and Fe,

wherein said magnetic layers are formed by electroplating in a plating bath having a pH value of 2 or less, and

a magnetic layer, of said magnetic layers, which is disposed near a magnetic gap is a plated magnetic film containing Co, Ni, and Fe, with $20 \leq \text{Co} \leq 40$ wt%, $0 < \text{Ni} \leq 2$ wt%, and $60 \leq \text{Fe} \leq 80$ wt%, and having a saturation

magnetic flux density of 23,000 gauss or more.

[Claim 3]

A process for production of a thin-film magnetic head as defined in claim 2, wherein the magnetic layers are formed in a plating bath containing saccharin sodium salt as a stress relaxing agent.

[Claim 4]

A process for production of a thin-film magnetic head as defined in claim 2 or 3, wherein the plating bath contains saccharin sodium salt in an amount of 0.5-2 g/L.

[Claim 5]

A thin-film magnetic head of write-read separate type in which a read element is a magneto-resistive effect element and a write element is an inductive magnetic head, wherein upper and lower magnetic cores of a write head partly or entirely have magnetic layers consisting of magnetic films each containing two or more elements of Co, Ni, and Fe, the magnetic films are plated films, a magnetic layer, of the magnetic layers, which is disposed near a magnetic gap is composed of a plated magnetic film containing CoNiFe, with $20 \leq \text{Co} \leq 40$ wt%, $0 < \text{Ni} \leq 2$ wt%, and $60 \leq \text{Fe} \leq 80$ wt%, and having a saturation magnetic flux density of 23,000 gauss or more, and the plated magnetic film is a soft magnetic thin film formed by electroplating in a plating bath having a pH value of 2 or less.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field to Which the Invention Pertains]

The present invention relates to a magnetic head to be incorporated into a magnetic disk drive for writing and reading information, a process for production of the magnetic head, and a magnetic disk drive provided with the magnetic head.

[0002]

[Prior Art]

Recent magnetic disk drives with an ever-increasing recording density necessitate recording media having a higher coercive force than before. Under these circumstances, the magnetic core of the write head ought to be formed from a new material which has a high-saturation magnetic flux density (B_s) and generates a strong magnetic field that permits writing on recording media having a high coercive force.

[0003]

Examples of the material having a high saturation magnetic flux density (B_s) include CoNiFe alloys ($B_s > 1.7$ T) having a B_s value greater than that of $Ni_{45}Fe_{55}$ alloys ($B_s: 1.6$ T), which are used in current magnetic core materials. CoNiFe alloys are described in Patent Documents 1 to 4 listed below. In addition, Patent Document 4 listed

below describes a method for fabricating a magnetic film with a high Bs value by plating in a plating solution not containing saccharin sodium salt. Also, materials based on Co-Fe binary alloys have a high Bs value as disclosed in Patent Document 6 listed below.

[Patent Document 1]

Japanese Patent Laid-open No. 6-89422

[Patent Document 2]

Japanese Patent Laid-open No. 8-241503

[Patent Document 3]

Japanese Patent Laid-open No. 6-346202

[Patent Document 4]

Japanese Patent Laid-open No. 7-3489

[Patent Document 5]

Japanese Patent No. 2821456

[Patent Document 6]

Japanese Patent Laid-open No. 2002-280217

[0004]

[Problem to be Solved by the Invention]

A magnetic disk drive capable of high-density recording needs a magnetic head with a magnetic core to generate a stronger magnetic field. One way under study to meet this requirement is to invariably form a thick film for the magnetic core from a material which has a high saturation magnetic flux density (Bs) and generates a strong

magnetic field that permits writing on a recording medium having a high coercive force.

[0005]

However, even with the reported CoNiFe series material we could not stably make a luster film with enough thickness by electroplating, because of white turbidity, bumps of the film surface. Also, CoFe two element series alloy did not have good corrosion resistance.

[0006]

In view of the foregoing, the present invention has been made, and it is an object of the present invention to provide a magnetic head having a magnetic core which, as compared with conventional ones, exhibits better corrosion resistance and generates a stronger magnetic field. It is another object of the present invention to provide a magnetic disk drive provided with the magnetic head.

[0007]

[Means for Solving the Problem]

The present invention to address the above-mentioned problem is directed to a magnetic head having a lower magnetic core and an upper magnetic core, with at least one of them being composed of magnetic films each containing two or more elements of Co, Ni, and Fe, characterized in that a magnetic layer disposed near a magnetic gap is a plated magnetic film containing Co, Ni, and Fe, with $20 \leq \text{Co} \leq 40$

wt%, $0 < \text{Ni} \leq 2$ wt%, and $60 \leq \text{Fe} \leq 80$ wt%, and having a saturation magnetic flux density of 23,000 gauss or more. According to the present invention, the plated magnetic film is formed by electroplating in a plating bath having a pH of 2 or less.

[0008]

The magnetic head mentioned above is constructed such that at least one of the lower and upper magnetic cores is a magnetic film having a saturation magnetic flux density of 23,000 gauss or more. Therefore, this head generates a magnetic field necessary for writing even though the write-track width is reduced. In addition, the magnetic film formed from the CoNiFe alloy in place of the conventional CoFe alloy will improve corrosion resistance.

[0009]

In addition, according to the present invention, the plated film is formed in a plating bath containing saccharin sodium salt as a stress-relaxing agent.

[0010]

The advantage of forming the plated film in a plating bath containing saccharin sodium salt is that it is possible to attain a film thickness of 3 μm or more.

[0011]

The magnetic disk drive of the present invention comprises a magnetic head and a magnetic write medium having

a coercive force of 4,000 Oe or more, said magnetic head being composed of a read head and a write head having a lower magnetic core and an upper magnetic core, with at least one of them being formed from a material containing Co, Ni, and Fe, with $20 \leq \text{Co} \leq 40$ wt%, $0 < \text{Ni} \leq 2$ wt%, and $60 \leq \text{Fe} \leq 80$ wt%.

[0012]

The magnetic disk drive constructed as mentioned above is capable of writing on a magnetic recording medium having a high coercive force, e.g., 4,000 Oe, owing to the magnetic head mentioned above.

[0013]

[Mode for Carrying out the Invention]

A detailed description is given below of a magnetic head and the process for production thereof according to the present invention.

[0014]

The magnetic head according to the present invention is a thin-film magnetic head of the so-called write-read separate type. This magnetic head is characterized in that the write head (or inductive magnetic head) has a magnetic core which is formed according to the processes of the flow sheet shown in Fig. 1.

[0015]

As shown in Fig. 1(d), a lower magnetic core

comprises a 46NiFe film 2, a CoNiFe underlying film 3, and a CoNiFe plated film 4, which are sequentially formed on a magnetic shield (not shown). The upper magnetic core, which faces the lower magnetic core, comprises a plated underlying film 3, a CoNiFe plated film 4, and a 46NiFe film 7, which are sequentially formed on a magnetic gap film 5.

[0016]

In other words, each of the lower magnetic core and the upper magnetic core has a plated underlying film 3 and a CoNiFe plated film 4 formed thereon. The plated film 4 should preferably be composed of Co, Ni, and Fe, with $20 \leq \text{Co} \leq 40$ wt%, $0 < \text{Ni} \leq 2$ wt%, and $60 \leq \text{Fe} \leq 80$ w%. This composition is essential for the magnetic head to generate a magnetic field applicable to high-density recording. The underlying film 3 should be made of CoNiFe or CoFe so that the plated film 4 has good crystal properties for easy control of orientation.

[0017]

The magnetic head having the magnetic core constructed as mentioned above is produced in the following manner.

[0018]

Step (a): First, the 46NiFe film 2 is formed on a magnetic shield (not shown). Then, the CoNiFe underlying film 3 is formed by DC or RF sputtering with a CoNiFe alloy

target in a sputtering chamber at a vacuum of 5×10^{-5} Pa or less which is supplied with argon gas. An optional adhesion layer of non-magnetic metal with a thickness of about 5 nm may be formed. On the CoNiFe underlying film 3 is formed the CoNiFe plated film 4 by electroplating in a plating solution containing Co, Ni, and Fe ions and saccharin sodium salt as a stress relaxing agent, as specified in Table 1. The plating solution should be acidified so that pH < 2.0, preferably $1.7 \leq \text{pH} \leq 1.9$. The plated film thus obtained has a composition of Co₃₃Ni₁Fe₆₆ (wt%).

[0019]

Step (b): On the CoNiFe plated film 4 is formed the magnetic gap film 5, which is an insulating film of Al₂O₃ or SiO₂ in the form of single layer or multiple layers. Then, on the magnetic gap film 5 is formed the CoNiFe underlying film 3 by sputtering in the same way as mentioned above.

[0020]

Step (c): A resist frame 6, which is used to form the upper magnetic core, is formed. The resist frame 6 is patterned into a desired shape, and then the CoNiFe plated film 4 and the 46NiFe plated film 7 are sequentially formed by plating. Incidentally, the 46NiFe film is used for either of the upper and lower magnetic cores in this step; however, the 46NiFe film may be replaced by an 80NiFe film, or the CoNiFe film as specified in the present invention may

be used for both of the upper and lower magnetic cores. Also, to attain the object of the present invention, the thickness of the underlying film may range from 15 to 200 nm although it is 100 nm in this example.

Step (d): The resist and underlying film are removed, and trimming is performed so that the upper and lower magnetic cores have the prescribed track width.

[0021]

[Table 1]

Table 1

Temperature of plating bath	30°C
PH	1.9
Current density	9 mA/cm ²
Co ⁺⁺	3.3 g/l
Fe ⁺⁺	6.3 g/l
Ni ⁺⁺	1.7 g/l
Saccharin sodium salt	1.5 g/l

[0022]

The magnetic film varies in composition as shown in Fig. 2. With a composition of Co > 40 wt% and Fe < 60 wt%, or with a composition of Co < 20 wt% and Fe > 80 wt%, the resulting magnetic film has a high coercive force as shown in Fig. 3, which leads to deteriorated properties in the soft magnetic film. Also, with a composition of Ni > 2 wt%, the resulting magnetic film is poor in magnetic properties, that is, Bs < 2.3 T. With a composition of Ni = 0 wt%, the

resulting magnetic film is poor in corrosion resistance. This is apparent from the measurement of corrosion potential, that is, a sample containing no Ni has a natural immersion potential which is low as compared with a sample containing 1 wt% Ni. Therefore, a nickel content more than 0 wt% is necessary.

[0023]

The CoNiFe film with a composition of $20 \leq \text{Co} \leq 40$ wt%, $0 < \text{Ni} \leq 20$ wt%, and $60 \leq \text{Fe} \leq 80$ wt% as shown in Fig. 2 according to the present invention can be obtained by performing plating under the conditions shown in Table 2. The electroplating may employ either direct current or pulsed current.

[0024]

[Table 2]

Table 2

Temperature of plating bath	25-35°C
pH	1.7-2.0
Current density	3-100 mA/cm ²
Co ⁺⁺	2-10 g/l
Fe ⁺⁺	5-20 g/l
Ni ⁺⁺	0-3 g/l
Saccharin sodium salt	0.5-2.0 g/l

[0025]

As mentioned above, the present invention is characterized in that the CoNiFe or CoFe plated film is

formed in a plating bath containing saccharin sodium salt as a stress-relaxing agent. Plating in this manner gives a plated film as thick as 3 μm or more. Moreover, as shown in Fig. 4, about 0.5 g/l of saccharin sodium salt added to the plating solution helps reduce the film stress to about 200 MPa. However, the addition of 2.5 g/l or more of saccharin sodium salt produces no additional effect. With an excess amount of saccharin sodium salt in the plating solution, the resulting film is poor in corrosion resistance on account of the increased sulfur content therein. Thus, the optimal amount of saccharin sodium salt is 0.5-2.0 g/l.

[0026]

Fig. 5 is a partial sectional view of a thin-film magnetic head of write-read separate type which employs the write head having the above-mentioned underlying film 3 and plated film 4 in part of the upper and lower magnetic cores.

[0027]

This magnetic head is produced in the following manner. First, on a non-magnetic substrate 8 are formed a lower magnetic shield film 9 and a lower magnetic gap film (not shown), and a MR or GMR sensor as a read element 10 is formed further thereon. Then, a magnetic domain control layer 11 and an electrode film 12 are formed, and the upper magnetic gap film and the upper magnetic shield film (not shown) are formed.

[0028]

Then, a magnetic gap film between the read element and the write element is formed, and the lower magnetic core is formed thereon. Specifically, the 46NiFe film 2 is formed by plating, the CoNiFe underlying film 3 of a thickness of 100 nm is formed by sputtering, and the CoNiFe plated film 4 with a prescribed thickness is formed in a plating bath having pH < 2.0. Good flatness may be achieved if an insulating film which is thicker than the plated film is formed and chemical mechanical polishing (CMP) is performed thereon. Then, the magnetic gap film 5 is formed. The CoNiFe underlying film 3 of 100 nm thick is formed by sputtering. A resist frame to form the upper magnetic core is formed, and the CoNiFe plated film 4 and the 46NiFe film 7 are sequentially formed by plating. The resist and underlying film are removed, and trimming is performed so that the upper and lower magnetic cores have a prescribed track width. Further, the coil 13 to apply a writing current and the organic insulating layer 14 are formed, and the 46NiFe film is formed by frame plating.

[0029]

The thin-film magnetic head produced as mentioned above exhibits good writing characteristics; for example, the present inventors confirmed that this head is totally capable of writing on a magnetic medium having a coercive

force of 4,000 Oe or more.

[0030]

Fig. 6 shows the configuration of a magnetic disk drive provided with the above-mentioned thin-film magnetic head.

[0031]

This magnetic disk drive comprises a magnetic disk 15 to record information, a motor 16 to turn the magnetic disk, a magnetic head 17 to write or read information on or from the magnetic disk, an actuator 18 for positioning the magnetic head 17 at a desired position on the magnetic disk, and a voice coil motor 19. The disk drive also has a guide arm 21 to which the magnetic head is attached and to which a spring 20 to stably maintain a submicron space for the magnetic head is fixed. The guide arm 21 is driven by the actuator and voice coil motor. In addition, the disk drive also comprises a magnetic disk rotation control system, a head position control system, and a write/read signal processing system, which are not shown.

[0032]

[Effect of the Invention]

As mentioned above, the magnetic head according to the present invention is constructed such that at least one of upper and lower magnetic cores of a write head is composed of magnetic films each of which contains two or

more elements of Co, Ni, and Fe, and which are formed by electroplating in a plating bath with pH 2 or less. Moreover, a magnetic layer near a magnetic gap is a soft magnetic thin film containing Co, Ni, and Fe, with $20 \leq \text{Co} \leq 40$ wt%, $0 < \text{Ni} \leq 2$ wt%, and $60 \leq \text{Fe} \leq 80$ wt%, and having a saturation magnetic flux density of 23,000 gauss or more. Thus, the magnetic core capable of generating a strong magnetic field can invariably be formed and is applicable to high-density recording.

[0033]

The process of the present invention permits the stable production of magnetic cores with thick films and hence provides a magnetic head applicable to high-density recording.

[0034]

The magnetic disk drive of the present invention, which is provided with the above-mentioned magnetic head, is applicable to magnetic recording media having a coercive force greater than 4,000 Oe and hence it achieves a high recording density.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

Figs. 1(a) to 1(d) are diagrams showing a process flow for production of a magnetic core of a write head in a thin-film magnetic head.

[Fig. 2]

Fig. 2 is a triangular diagram showing the composition of a CoNiFe film obtained according to the present invention.

[Fig. 3]

Fig. 3 is a diagram showing the coercive force of the CoNiFe film obtained according to the present invention.

[Fig. 4]

Fig. 4 is a diagram showing the relation between an amount of saccharin sodium salt added and stress in the resulting CoNiFe film.

[Fig. 5]

Fig. 5 is a schematic diagram showing a thin-film magnetic head of the present invention.

[Fig. 6]

Fig. 6 is a schematic diagram showing a magnetic disk drive according to the present invention.

[Explanation of Reference Numerals]

1 ... Substrate, 2 ... 46NiFe film, 3 ... Plated underlying film, 4 ... CoNiFe plated film, 5 ... Magnetic gap film, 6 ... Resist film, 7 ... 46NiFe film, 8 ... Non-magnetic substrate, 9 ... Lower magnetic shield, 10 ... Giant magneto-resistive effect film, 11 ... Magnetic domain control film, 12 ... Electrode film, 13 ... Conductor coil, 14 ... Organic insulating layer, 15 ... Magnetic disk, 16 ...

**Motor, 17 ... Magnetic head, 18 ... Actuator, 19 ... Voice
coil motor, 20 ... Spring, 21 ... Guide arm**

[Name of Document] Abstract of the Disclosure

[Abstract]

[Object]

To provide a magnetic head capable of generating a magnetic field which has a high-saturating flux density and is sufficiently applicable to a high-recording density.

[Solving Means]

At least one of lower and upper magnetic cores is composed of magnetic films each of which contains two or more elements of Co, Ni, and Fe, which are formed by electroplating in a plating bath with pH 2 or less, and which have a saturation magnetic flux density of 23,000 gauss or more.

[Selected Drawing] Fig. 1

Fig. 4

Stress in film (MPa)

Content of saccharin sodium salt in solution (g/l)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.